

Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau sebagai penyerap emisi gas karbon di kota dan kawasan penyangga Kota Malang

F. J. Miharja^{1*}, Husamah¹, T. Muttaqin²

¹Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

²Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

Abstrak.

Pembangunan ruang terbuka hijau (RTH) di Malang diperlukan sebagai penyeimbang emisi gas CO₂ dari aktivitas penduduk dan konsumsi bahan bakar kendaraan yang semakin tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis luasan RTH dan kemampuan serap CO₂ serta besarnya emisi CO₂ yang dilepaskan oleh aktivitas respirasi dan penggunaan bahan bakar minyak. Penelitian ini merupakan jenis deskriptif kuantitatif. Area pengambilan data dalam penelitian ini meliputi Kota Malang, Kota Batu dan Kabupaten Malang. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi yang ada di area penelitian. Metode kuantitatif digunakan untuk menentukan luasan dan kemampuan RTH yang ada saat ini untuk menyerap CO₂ dan besarnya CO₂ yang dilepaskan. Total emisi gas CO₂ yang dihasilkan sebesar 535.429 ton/tahun. Kebutuhan luas RTH berdasarkan jumlah emisi sebesar 9.139 ha dengan luasan area RTH yang tersedia saat ini sebesar 13,09 ha sehingga dibutuhkan 9.126 ha lahan tambahan untuk menyeimbangkan kebutuhan atas RTH.

Abstract.

Construction of green open space (RTH) in Malang is needed as a counterweight to CO₂ gas emissions from population activities and higher fuel consumption of vehicles. This study aimed to analyze the green space area and CO₂ absorption capability and the amount of CO₂ emissions released by respiration activities and the use of fuel oil. This research was a quantitative descriptive. Data collection areas in this study included Malang City, Batu City and Malang Regency. Descriptive method was used to describe the conditions in the research area. Quantitative methods were used to determine the extent and ability of existing green open space to absorb CO₂ and the amount of CO₂ released. The total CO₂ emissions produced were 535,429 tons/year. Ideally, based on the total emissions, the requirement area for open green space was 9,139 ha while the currently available at 13.09 ha, so that 9,126 ha of additional land was needed to balance the need for open green space.

Keywords: green open space, area, carbon emission, Malang

Kata kunci: RTH, luas, emisi karbon, Malang

1. PENDAHULUAN

Malang Raya merupakan salah satu tujuan wisata dan pendidikan di Jawa Timur. Potensi sebagai daerah wisata dan pendidikan tersebut berdampak pada berkurangnya ruang terbuka hijau (RTH) dan bertambahnya bangunan fisik penunjang pariwisata dan pendidikan (Barenlitbang 2013). Hal tersebut tidak hanya terjadi di pusat kota tetapi juga menyebar hingga beberapa kawasan penyangga seperti Kota Batu dan beberapa kecamatan di Kabupaten Malang yang berbatasan dengan kota seperti Kepanjen. Menurut data BPS tahun 2016 dan 2017, jumlah hotel sebanyak 654 unit dengan jumlah wisatawan sebesar 4.713.163 orang, sedangkan jumlah mahasiswa sebanyak 92.407 orang. Jumlah wisatawan dan mahasiswa yang datang ke kawasan Malang Raya tersebut berdampak pada kepadatan wilayah dan lalu lintas, karena beririsan dengan penduduk asli di kawasan tersebut.

* Korespondensi penulis
Email: fuad.jayamiharja@gmail.com

Di sisi lain, jumlah penduduk Kota Malang dan kawasan penyangga relatif tinggi. Data BPS tahun 2016 dan 2017 menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk per tahun sebesar 0,63% dengan kepadatan sebesar 7.735 jiwa per km². Jumlah tersebut cenderung mengalami peningkatan setiap tahun. Pertumbuhan jumlah penduduk merupakan salah satu faktor penyumbang emisi gas karbondioksida (CO₂). Emisi tersebut dihasilkan dari aktivitas alami dan aktivitas penduduk (antropogenik) seperti emisi hasil konsumsi bahan bakar kendaraan dan aktivitas pernafasan. Tingginya kepadatan kota merupakan salah satu sumber permasalahan yang menimbulkan kemacetan dan buruknya kualitas udara karena emisi CO₂ yang dihasilkan kendaraan bermotor (Lusetyowati 2011; Muharama 2016; Samiaji 2011). Emisi yang dihasilkan dari aktivitas manusia cenderung memiliki potensi kerusakan lingkungan yang lebih tinggi, karena konsentrasi emisi gas yang lebih tinggi daripada emisi yang dihasilkan dari secara alami (Roshintha dan Mangkoedihadjo 2016).

Di sisi lain, jumlah kendaraan bermotor di wilayah Malang dalam rentang waktu 2015 hingga 2016 terus mengalami perkembangan. Jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar sebesar 563.125 unit. Sepeda motor mendominasi jumlah kendaraan bermotor sebesar 75-80%, sedangkan sisanya adalah mobil dan kendaraan besar lainnya (Arifin 2018). Penelitian Endes (2007; 2011); Kusumaningrum (2008) memaparkan bahwa tingginya konsumsi bahan bakar dari aktivitas transportasi meningkatkan konsentrasi ambien gas CO₂ yang menimbulkan pemanasan global. Hal tersebut menguatkan hasil beberapa penelitian lain yang menyatakan bahwa CO₂ merupakan substansi gas yang paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global hingga lebih dari 75% (Moediarta dan Stalker 2007). Lebih lanjut, pemanasan global berpotensi besar menyebabkan perubahan iklim yang berdampak pada kehidupan manusia (Puslitbang Perubahan Iklim dan Kebijakan 2010; Nursanti dan Swari 2013). Oleh karena itu, konsentrasi gas CO₂ di udara harus dikendalikan agar tidak terus bertambah naik dengan membangun ruang terbuka hijau (Endes 2011).

Di lain pihak, untuk mengatasi kondisi tersebut, pembangunan ruang terbuka hijau (RTH) telah dilakukan di beberapa wilayah. Keberadaan RTH tersebut berperan penting sebagai penyeimbang antara kawasan terbangun dengan kebutuhan terhadap ruang terbuka sesuai dengan peraturan pemerintah terkait ketersediaan minimal 30% ruang hijau di wilayah perkotaan (Hayat 2014; Mulyadin dan Gusti 2015). RTH sebagai kawasan penyerap emisi berperan dalam mengkonversi gas CO₂ menjadi O₂. Lukita *et al.* (2015) dan Suryaningsih *et al.* (2015) menyatakan bahwa karakteristik RTH dan vegetasi di dalamnya merupakan aspek penting bagi kepentingan masyarakat dalam penyerapan emisi CO₂. Peran vegetasi pada RTH sebagai penyerap CO₂ di atmosfer menjadi bagian penting untuk mengatasi pencemaran udara, khususnya pemanasan

global. Keberadaan vegetasi yang mampu menyerap CO₂ dalam suatu lanskap diperlukan untuk menciptakan masyarakat rendah karbon (*low carbon society*) (Adinugroho *et al.* 2013).

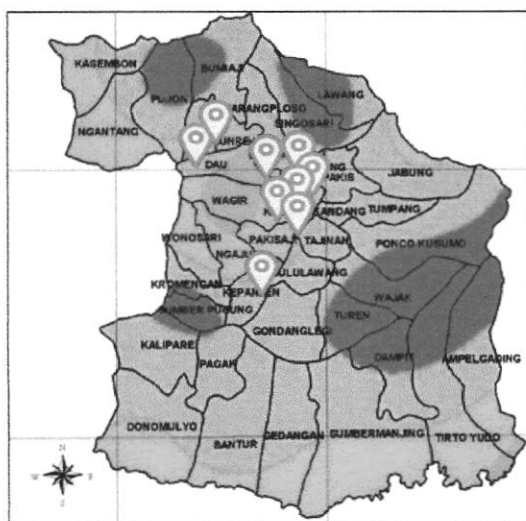
Namun demikian, belum ada kajian terhadap kebutuhan RTH di Kota Malang dan kawasan penyangga terkait melalui pendekatan jumlah penduduk dan jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan melalui aktivitas penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran ketersediaan RTH serta kebutuhan pengembangan untuk mewujudkan keseimbangan dengan emisi yang dihasilkan CO₂. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan rujukan dalam Implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) program pembangunan pemerintah dengan tetap memperhatikan proporsi antara bangunan dan RTH serta penelitian lebih lanjut.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada beberapa titik di Kota Malang, Kota Batu, dan Kabupaten Malang. Area pengamatan di Kota Malang meliputi Alun-alun Kota Malang, Hutan Kota Malabar, Areal Taman Simpang Balapan, Areal Taman Ijen Boulevard, Balai Kota, Taman Trunojoyo, Taman Kunang-kunang; wilayah Kota Batu meliputi yaitu Alun-alun Kota Batu dan Hutan Kota Batu; serta di Kabupaten Malang meliputi area Stadion Kanjuruhan (**Gambar 1**).

Proses pengumpulan data dilakukan pada bulan November–Desember 2016. Data pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer meliputi pengukuran luas area dan vegetasi di dalamnya. Data sekunder meliputi informasi jumlah penduduk serta konsumsi bahan bakar.



Gambar 1. Cakupan area penelitian.

2.2. Prosedur analisis data

Analisis data meliputi analisis emisi CO₂ hasil dari konsumsi bahan bakar dan pernafasan manusia, analisis daya serap karbon atas vegetasi yang diamati di lapangan, dan analisis kebutuhan luas ruang terbuka hijau. Perhitungan analisis tersebut sebagai berikut.

1. Analisis emisi CO₂

a) Emisi hasil konsumsi bahan bakar

Faktor emisi untuk bahan bakar bensin sebesar 2,3 g CO₂/liter dan solar sebesar 2,7 g CO₂/liter (DEFRA 2006). Analisis dilakukan berdasarkan kuota konsumsi bahan bakar minyak Kota Malang pada Tahun 2014. Faktor emisi CO₂ seperti dijabarkan pada **Tabel 1**. Perhitungannya sebagai berikut:

$$B = (b \times jb) + (s \times js)$$

Keterangan:

B = Total emisi CO₂ dari bahan bakar (ton/tahun)

b = Nilai emisi bensin (g/liter)

jb = Jumlah konsumsi nilai bensin (liter/tahun)

s = Nilai emisi solar (g/liter)

js = Jumlah konsumsi nilai solar (liter/tahun)

Tabel 1. Faktor emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar.

No	Jenis Bahan Bakar	gCO ₂ /liter
1	Gas Alam	0,19
2	Minyak Diesel	0,25
3	Bensin	0,24
4	Bahan Bakar Berat	0,26
Rata-Rata		0,24

b) Emisi Hasil Pernafasan Manusia

CO₂ yang dihasilkan dalam proses pernafasan manusia adalah 0.3456 ton CO₂/jiwa/tahun (Grey 1996). Perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan penduduk mengikuti perhitungan berikut:

$$P = J_p \times C_{\text{manusia}}$$

Keterangan:

P = Total emisi CO₂

J_p = Jumlah penduduk (jiwa)

C_{manusia} = Jumlah CO₂ yang dihasilkan manusia (0,3456 ton/jiwa/tahun)

2. Analisis serapan CO₂ vegetasi

Analisis serapan CO₂ pada vegetasi yang ada pada RTH Malang Raya dilakukan dengan mengalikan luas area dengan nilai penyerapan emisi CO₂

rata-rata dari vegetasi ruang terbuka dalam kota sebesar 58,2576 ton/tahun/ha (Tinambunan 2015).

3. Analisis kebutuhan luas ruang terbuka hijau

Kebutuhan optimum RTH berdasarkan daya serap CO₂ diperoleh berdasarkan kemampuan serapan CO₂ vegetasi yang ada didalamnya. Analisis yang digunakan dengan menghitung kebutuhan RTH dan membandingkannya dengan luasan RTH saat ini. Kebutuhan RTH diperoleh dari jumlah emisi CO₂ dibagi dengan kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ (Mulyadin dan Gusti 2015; Tinambunan 2015). Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{B + P}{K}$$

Keterangan:

L₁ = Kebutuhan RTH (ha)

B = Total emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar (ton/tahun)

P = Total emisi CO₂ dari penduduk (ton/tahun)

K = Kemampuan nilai serapan total emisi CO₂ dari oleh pohon sebesar 58,2576 (ton CO₂/tahun/ha)

Setelah mendapat nilai kebutuhan RTH (L), maka jumlah penambahan luasan RTH yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan perhitungan:

$$L = L_1 - L_0$$

Keterangan:

L = Penambahan RTH yang dibutuhkan (ha)

L₁ = Kebutuhan RTH (ha)

L₀ = Luas RTH saat ini (ha)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Emisi hasil pernafasan manusia

Manusia sebagai makhluk hidup melakukan respirasi selama masa hidupnya. Proses respirasi menghasilkan produk berupa gas CO₂ yang akan dikembalikan ke udara bebas. Semakin banyak jumlah penduduk maka berbanding lurus dengan jumlah gas CO₂ yang dihasilkan. Berdasarkan data BPS (2016) jumlah penduduk di Kota Malang dan beberapa wilayah penyangga mengalami peningkatan sebesar 0,63-0,75% setiap tahun. Jumlah penduduk dalam 3 tahun terakhir dijabarkan seperti pada **Tabel 2**. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, jumlah penduduk pada tahun 2017 adalah jumlah tertinggi dengan total penduduk sebanyak 1.173.366 jiwa, sedangkan rata-rata jumlah penduduk selama 3 tahun terakhir sebesar 1.165.956 jiwa.

Bila asumsi gas CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas penduduk adalah sama sebesar 0,3456 ton CO₂/jiwa/tahun (Mulyadin dan Gusti 2015), maka rata-rata

total emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari proses respirasi penduduk sebesar 402.955 ton/tahun. Hasil ini diperkirakan masih akan meningkat karena proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Malang pada 2020 sebesar 874.890 jiwa serta laju pertumbuhan penduduk sebesar 1–2% setiap tahun (BPS 2016; 2017). Selain itu, laju pertambahan jumlah wisatawan yang berkunjung ke wilayah Malang Raya diprediksi akan meningkat seiring dengan pengelolaan konsep pariwisata terintegrasi diantara Kota Malang, Kota Batu dan Kabupaten Malang. Disamping itu, peningkatan jumlah mahasiswa di wilayah Malang juga semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya mutu perguruan tinggi.

Tabel 2. Jumlah penduduk Kota Malang dan kawasan penyangga.

No	Kota/ Kabupaten	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)		
			2015	2016	2017
1	Kota Malang	Kedungkandang	186.068	188.175	190.274
2	Kota Malang	Sukun	190.053	191.513	192.951
3	Kota Malang	Klojen	104.127	103.637	103.129
4	Kota Malang	Blimbing	177.729	178.564	179.368
5	Kota Malang	Lowokwaru	193.321	194.521	195.692
6	Kota Batu	Batu	93.227	94.132	94.966
7	Kota Batu	Junrejo	49.505	50.079	50.617
8	Kota Batu	Bumiaji	57.753	58.108	58.414
9	Kabupaten Malang	Kepanjen	106.668	107.323	107.955
Total			1.158.451	1.166.052	1.173.366
Rata-rata					1.165.956

3.2. Konsumsi Bahan Bakar

Salah satu sumber emisi gas CO₂ adalah hasil pembakaran dari bahan bakar fosil yang digunakan oleh penduduk. Bahan bakar yang dikonsumsi meliputi premium, pertalite dan pertamax (untuk kendaraan bermesin bensin), serta solar (untuk kendaraan bermesin diesel). Nilai emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut berbeda-beda bergantung pada nilai oktan.

Konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor di wilayah Malang pada tahun 2018 sebesar 450 kl/hari untuk bahan bakar jenis premium, 900 kl/hari untuk jenis pertalite, pertamax sebanyak 450 kl/hari dan dextrite sebesar 80 kl/hari (**Tabel 3**). Menurut data (DEFRA 2006) nilai emisi bahan bakar bensin sebesar 2,31 g/l dan solar sebesar 2,63 g/l. Dengan demikian, polusi udara berupa gas CO₂ yang dihasilkan dari konsumsi bahan bakar mencapai 129.474 ton/tahun.

Tabel 3. Jumlah konsumsi bahan bakar di wilayah Malang berdasarkan jenisnya.

No	Jenis Bahan Bakar	kl/hari	kl/tahun
1	Premium	450	13500
2	Pertalite	900	27000
3	Pertamax	450	13500
4	Dextrite	80	2400

3.3. Serapan CO₂ Vegetasi

Vegetasi yang tumbuh pada RTH memiliki peran vital sebagai penyerap emisi gas CO₂ di udara. Menurut Tinambunan (2015), suatu area vegetasi dapat menyerap emisi CO₂ sebesar 58,2576 ton/tahun/ha. Analisis daya serap areal vegetasi disajikan dalam **Tabel 4**. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas total RTH di Kota Malang dan kawasan penyangga sebesar 13,09 ha, dengan total emisi gas CO₂ yang mampu diserap vegetasi sebesar 762,589 ton CO₂ /tahun.

Tabel 4. Analisis daya serap gas CO₂ berdasarkan luas area.

No	Area	Luas (ha)	Penyerapan CO ₂ (ton/tahun)
1	Alun-alun Kota Batu	0,87	50,68
2	Alun-alun Kota Malang	0,15	8,74
3	Stadion Kanjuruhan	3,50	203,90
4	Ijen Boulevard	2,69	156,71
5	Balai Kota	1,19	69,33
6	Trunojoyo	0,58	33,79
7	Hutan Kota Batu	1,24	72,239
8	Taman Kunang-kunang	1,19	69,33
9	Hutan Kota Malabar	1,68	97,87
Total		13,09	762,589

3.4. Analisis Kebutuhan Luas Ruang Terbuka Hijau

Jumlah penduduk yang tinggi memiliki korelasi terhadap aktivitas yang dilakukannya. Dalam hal ini, konsumsi bahan bakar dan produk respirasi memberi dampak terhadap jumlah CO₂ yang dihasilkan, sehingga berpotensi menimbulkan polusi udara. Polusi merupakan hasil dari semakin tingginya jumlah CO₂ yang tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan terbuka sehingga tidak mampu menampung banyaknya gas yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil analisis, total emisi CO₂ dari konsumsi bahan bakar dan aktivitas respirasi penduduk sebesar 532.429 ton CO₂/tahun dengan kemampuan penyerapan CO₂ berdasarkan ketersediaan RTH yang sudah ada sebesar 762,589 ton/tahun. Bila kemampuan penyerapan CO₂ sebesar 58,2576 ton/tahun/ha, maka luas lahan yang dibutuhkan oleh Kota Malang dan kawasan penyangga untuk menyeimbangkan kebutuhan atas RTH sebesar 9.126,12 ha (**Tabel 5**).

Tabel 5. Analisis kebutuhan luas ruang terbuka hijau.

Total Emisi CO ₂ (ton/tahun)	Kemampuan Penyerapan CO ₂ (ton/tahun/ha)	Kebutuhan RTH Berdasarkan Emisi CO ₂ (ha)	Luasan RTH Saat Ini (ha)	Selisih (ha)
532.429	58,2576	9.139,21	13,09	9.126,12

Keberadaan RTH merupakan faktor penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem di wilayah perkotaan. Keseimbangan ekologi di wilayah kota harus menjadi pertimbangan sebagai penahan pembangunan fisik agar tidak terjadi destruksi lahan atau konversi lahan produktif. Langkah yang dapat ditempuh dalam rangka menyediakan ruang terbuka untuk penyerapan emisi karbon adalah mengambil alih kepemilikan lahan kering sebesar 8.988,25 ha untuk dialihfungsikan menjadi ruang terbuka hijau (BPS 2016). Tingginya nilai emisi CO₂ dapat terus meningkat bila tidak segera diimbangi dengan perluasan lahan terbuka hijau sebagai area serapan. Keefektifan penyerapan emisi CO₂ dapat ditingkatkan dengan pemilihan tanaman dengan daya serap yang tinggi seperti angsa dan trembesi. Jika kebutuhan terhadap lahan terbuka dan tanaman dengan daya serap terpenuhi, maka emisi CO₂ dapat ditekan. Lebih jauh, bila konsep ini diterapkan di semua kota maka pemanasan global dapat diatasi dengan baik (Endes 2011).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini diketahui bahwa luas RTH di Kota Malang dan kawasan penyangga kota yang tersedia saat ini sebesar 13,09 ha masih belum seimbang dengan jumlah emisi yang dihasilkan. Total emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 532.429 ton/tahun, sehingga perlu Penambahan luas RTH sebesar 9.126,12 ha untuk menyeimbangkan jumlah emisi dan kemampuan serapan gas CO₂. Hasil penelitian ini merekomendasikan perlu adanya upaya strategis untuk menambah luas RTH sebagai area serapan gas CO₂ serta dengan melakukan intensifikasi penyerapan gas dengan menambahkan tumbuh-tumbuhan yang memiliki kemampuan serap karbon yang tinggi seperti angsa dan trembesi untuk meningkatkan kemampuan penyerapan dari RTH yang telah tersedia.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho WC, Indrawan A, Supriyanto S dan Arifin HS. 2013. Kontribusi sistem agroforestri terhadap cadangan karbon di Hulu DAS Kali Bekasi. *Jurnal Hutan Tropis* 1(3):242-249.
- Arifin Z. 2018. Jumlah kendaraan hampir separuh penduduk kota malang-regional [internet]. Tersedia di: <https://www.liputan6.com/regional/read/3337501/jumlah-kendaraan-hampir-separuh-penduduk-kota-malang>.
- [Barenlitbang] Badan Perencanaan, Penelitian, dan Pengembangan. 2013. Rencana pembangunan jangka menengah Kota Malang 2013-2018. Barenlitbang Kota Malang. Malang.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. Kota Malang dalam angka 2016. BPS Kota Malang. Malang.

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. Batu dalam angka. BPS Kota Batu. Batu.
- [DEFRA] Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2006. Environmental key performance indicators. DEFRA. London.
- Endes DN. 2007. Analisis kebutuhan luasan hutan kota sebagai *sink* gas CO₂ antropogenik dari bahan bakar minyak dan gas di Kota Bogor dengan pendekatan sistem dinamik [Disertasi]. Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Endes DN. 2011. Kebutuhan luasan areal hutan kota sebagai *rosot* (*sink*) gas CO₂ untuk mengantisipasi penurunan luasan ruang terbuka hijau di Kota Bogor. *Forum Geografi* 25(2):164–177.
- Grey GW. 1996. *The urban forest: comprehensive management*. John Wiley. New York.
- Hayat H. 2014. Implementasi kebijakan penataan ruang terbuka hijau. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara* 13(1):43–56.
- Kusumaningrum N. 2008. Potensi tanaman dalam menyerap CO₂ dan CO untuk mengurangi dampak pemanasan global. *Jurnal Permukiman* 3(2):96–105.
- Lukita CW, Hermana J dan Boedisantoso R. 2015. Inventarisasi serapan karbon oleh ruang terbuka hijau di Kota Malang, Jawa Timur [Prosiding]. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII 1–7.
- Lussetyowati T. 2011. Analisa penyediaan ruang terbuka hijau perkotaan, studi kasus Kota Martapura [Prosiding]. Prosiding Seminar Nasional AVoER Ke-3 195–207.
- [Puslitbang] Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. 2010. Cadangan karbon pada berbagai tipe hutan dan jenis tanaman di Indonesia. Puslitbang Perubahan Iklim dan Kebijakan, Kementerian Kehutanan. Bogor.
- Moediarta R dan Stalker P. 2007. Sisi lain perubahan iklim. UNDP Indonesia. Jakarta.
- Muharama H. 2016. Kepadatan penduduk menyebabkan kemacetan di Kota Malang [internet]. Tersedia di: <https://www.kompasiana.com/hartinimuharama/58568bdae422bd4a0afd3a76/kepadatan-penduduk-menyebabkan-kemacetan-di-kota-malang>.
- Mulyadin RM dan Gusti REP. 2015. Analisis kebutuhan luasan area hijau berdasarkan daya serap CO₂ di Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan* 10(4):264–273.
- Nursanti N dan Swari EI. 2013. Potensi keanekaragaman hayati, iklim mikro dan serapan karbon pada ruang terbuka hijau Kampus Mendalo Universitas Jambi. *Bioplante* 2(2):101–112.
- Roshintha RR dan Mangkoedihadjo S. 2016. Analisis kecukupan ruang terbuka hijau sebagai penyerap emisi gas karbon dioksida (CO₂) pada kawasan

- Kampus ITS Sukolilo, Surabaya. Jurnal Teknik ITS 5(2).
- Samiaji T. 2011. Gas CO₂ di wilayah Indonesia. Berita Dirgantara 12(2):68–75.
- Suryaningsih L, Haji ATS dan Wirosodarmo R. 2015. Analisis spasial defisiensi ruang terbuka hijau (RTH) di Kota Mojokerto. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan 1:1–10.
- Tinambunan RS. 2015. Analisis kebutuhan ruang terbuka hijau di Kota Pekanbaru [Tesis]. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.